

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-226106

(43)Date of publication of application : 02.09.1997

(51)Int.Cl.

B41J 2/01  
B41J 2/045  
B41J 2/055

(21)Application number : 08-035254

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 22.02.1996

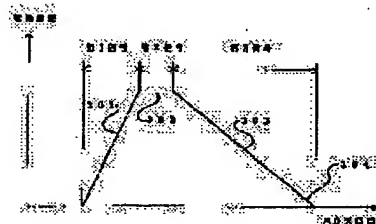
(72)Inventor : TANAKA RYOICHI  
KITAHAIRA TSUYOSHI

## (54) INK-JET RECORDER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve jetting at a high driving frequency while preventing generation of ink droplets due to meniscus residual vibration in a jetting method of minute ink droplets.

**SOLUTION:** The driving voltage applied to a piezoelectric element can be set at a low level so that the meniscus vibration can be restrained at a minimum level and the attenuation time of the meniscus vibration can be shortened by applying a first signal 301 for expanding a pressure generating chamber for a time shorter than the period  $T_c$  of the Helmholtz resonance frequency, and setting a second signal 302 for maintaining the expanded state of the pressure generating chamber at  $1/2$  or less of  $T_c$ . As a result, jetting of secondary satellites or deviation of the course of ink droplets can be prevented so that fine ink droplets can be jetted stably at a high driving frequency with reduced satellite tailing.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	19.03.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	01.07.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3500831
[Date of registration]	12.12.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2003-14871
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	31.07.2003
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-226106

(43) 公開日 平成9年(1997)9月2日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
B41J 2/01  
2/045  
2/055

識別記号

F I

B41J 3/04

101

Z

103

A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平8-35254

(22) 出願日 平成8年(1996)2月22日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 田中 良一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 北原 強

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

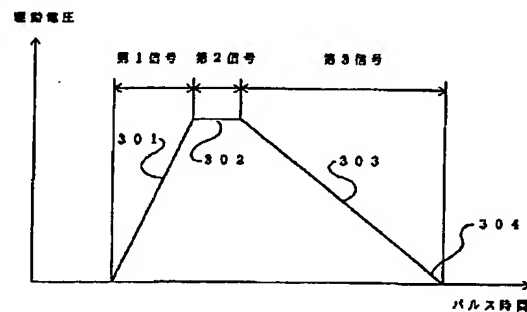
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録装置

(57) 【要約】

【課題】 非常に小さいインク滴の吐出方法で、メニスカスの残留振動に起因するインク滴の発生を防止するとともに高い駆動周波数での吐出を可能にすること。

【解決手段】 圧力発生室を膨張させる第1信号をヘルムホルツ共振周波数の周期 $T_c$ よりも短い時間印加し、圧力発生室の膨張状態を保持する第2信号を $T_c$ の $1/2$ 以下にすることで、圧電素子に印加する駆動電圧が低く設定でき、メニスカスの振動を必要最小限に抑え、共にメニスカス振動の減衰時間が短くできる。その結果、孫サテライトの吐出やインク滴の飛翔曲がり、サテライトの尾引きを低減した小さいインク滴を高い駆動周波数で安定して吐出することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し周期Tcのヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電素子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、

前記圧力発生室を膨張させる第1信号と、膨張状態を保持する第2信号と、膨張状態にある前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第3信号を出力する駆動信号発生手段とを備えたインクジェット式記録装置において、

前記第2信号が、前記Tcの1/2以下であることを特徴とするインクジェット式記録装置。

【請求項2】 前記第1信号がTcよりも短いことを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項3】 前記第2信号が前記Tcの1/2より長い範囲ではインク滴を吐出しないことを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項4】 前記第3信号を前記Tc以上にすることを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項5】 前記第3信号を前記Tcと実質的に同一にすることを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項6】 前記インク供給口、前記圧力発生室、及び前記共通インク室を形成する部材の一面にノズル形成部材が接合され、他の一面には前記圧電素子とインク流路を隔て、且つ前記圧電素子の変位による圧力発生を前記圧力室に伝える振動板が接合されていることを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項7】 前記圧電素子は縦振動により伸長、収縮することを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項8】 前記圧電素子は撓み振動により前記圧力発生室を膨張、収縮することを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項9】 前記インク供給口、前記圧力発生室、及び前記共通のインク室が、単結晶シリコンの異方性エッチングにより構成されたスペーサと前記ノズル形成部材と前記振動板との積層構造であることを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

【請求項10】 前記第1信号が前記Tcの1/2以下であることを特徴とする請求項1記載のインクジェット式記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電素子をアクチュエータに使用したインクジェット式記録ヘッドに関し、特に写真品質の印刷画像を得るのに必要な高鮮明画像を高速に提供するインクジェット式記録装置の駆動技

術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ノズル開口に連通する圧力発生室を膨張、収縮させてインク滴を吐出するインクジェット式記録装置において、高鮮明度画像を得るためには低容量のインク小滴を吐出することが必要である。

【0003】このようなインク小滴の吐出方法は、特公平4-36071号公報に記載されている。図8は上記公報に記載された図であって、T<sub>1</sub>信号801により圧力発生室を急速に膨張させ、メニスカスをノズル開口から急速に引き戻してインク小滴を吐出させる。その後T<sub>1</sub>信号802により膨張状態にある圧力発生室をメニスカス振動周期の1/2より長く保持し、更にT<sub>1</sub>信号803を緩やかにすることでメニスカスの盛り返しによるインク滴（以下孫サテライト）の発生を防止している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このようなインクジェット式記録装置の駆動方法にあつては、ノズル開口の径より比較的小さい径のインク滴を吐出することが可能であるものの、所望のインクスピードを得るためには周期Tcのヘルムホルツ振動系を大きく発振させる必要があり、その結果、メニスカスの残留振動が大きくなるため減衰に時間がかかり応答性が上がらないという問題点を有していた。

【0005】また、このようなインクジェット式記録装置の駆動方法にあつては、周期Tcの振動系によるメニスカスの振幅が大きくなるため、球状のインク滴（以下メイン）がメニスカスから分離される際に生じるミスト状のインク滴（以下サテライト）が棒状に飛翔（以下尾引き）しやすくなり印字品質の低下を招くという問題点を有していた。

【0006】また、このようなインクジェット式記録装置の駆動方法にあつては、メニスカスの残留振動が起因して次のインク滴吐出時におけるメニスカスの位置がバラつき、結果としてインク滴の飛翔方向が変動したりして印字品質の低下を招くという問題点を有していた。

【0007】本発明は、このような問題点を解決するものであつて、その目的とするところは、サテライトの尾引きを低減し、インク滴の飛翔曲がりや孫サテライトの吐出を引き起こすことなく、小さいインク滴を高い駆動周波数で吐出可能なインクジェット式記録装置を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明のインクジェット式記録装置は、ノズル開口、及びインク供給口を介して共通のインク室に連通し周期Tcのヘルムホルツ共振周波数を備えた圧力発生室と、該圧力発生室を膨張、収縮させる圧電素子とからなるインクジェット式記録ヘッドと、前記圧力発生室を膨張させる第1信号と、膨張状態を保持する第2信号と、膨張状態にある前記圧力発生室

を収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させる第3信号を出力する駆動信号発生手段とからなり、第2信号が $T_c$ の $1/2$ 以下であることを特徴とする。

【0009】

【作用】本発明は、非常に小さいインク滴を吐出する方法において、メニスカスの振動をできるだけ小さくすることでメニスカスの盛り返しによる孫サテライトの吐出を防止する。また、メニスカスの振動が小さくなることでメニスカスの減衰に必要な時間が短縮されるため高い駆動周波数でのインク滴吐出が可能になる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態について図面に基いて説明する。

【0011】図1及び図2は、本発明の一実施例であるインクジェット式記録ヘッドを示すものであって、図中符号101はノズル開口102が穿設されたノズルプレート、106は流路が形成されたスペーサ、107は弾性板をそれぞれ示しており、ノズルプレート101と弾性板107によりスペーサ6を挟むように接着、封止してインク流路ユニット111を構成している。このインク流路ユニット111は圧力発生室103、共通のインク室104、及びこれらを接続するインク供給口105を形成し、後述する圧電素子108の伸長、収縮を受けてインク滴を吐出したり、またインクを吸引したりする。

【0012】図中符号108は圧電素子で、伸長方向に平行に圧電材料と導電材料を交互に積層して構成されている。この圧電素子108は、充電状態では導電層の積層方向と直角な方向に収縮し、また充電状態が解かれると、導電層と直角な方向に伸長する、いわゆる縦振動モードの素子である。この圧電素子108は先端が弾性板107に当接されており、また他端が基台109に固定された状態でアクチュエータ112を構成している。

【0013】インク流路ユニット111と、アクチュエータ112は、共にケースヘッド110に当接されることで力学的に閉鎖回路をなしている。

【0014】ところで、このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧力発生室103のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスを $C_i$ 、また圧力発生室103を形成している弾性板107、ノズルプレート101等の材料自体による剛性コンプライアンスを $C_v$ 、ノズル開口102のイナータンスを $M_n$ 、インク供給口105のイナータンスを $M_s$ とすると、圧力発生室103のヘルムホルツ共振周波数 $f$ は次式で示される。

【0015】 $f = 1 / 2\pi \times \sqrt{\{(M_n + M_s) / (M_n \times M_s) \} (C_i + C_v)}$

また、メニスカスのコンプライアンスを $C_n$ とすると、メニスカスの固有振動周期 $T_m$ は次式で示される。

【0016】 $T_m = 2\pi \times \sqrt{\{(M_n + M_s) / C_n\}}$

また、圧力発生室103の体積を $V$ 、インクの密度を $\rho$ 、インク中での音速を $c$ とすると、流体コンプライアンス $C_i$ は次式で示される。

【0017】 $C_i = V / \rho c^2$  さらに圧力発生室103の剛性コンプライアンス $C_v$ は、圧力発生室103に単位圧力を印加したときの圧力発生室103の静的な変形率に一致する。

【0018】圧電素子108の伸長、収縮によりメニスカスに生じる振動の周期 $T_c$ はヘルムホルツ共振周波数 $f$ の逆数で得られる周期と実質的に同一である。具体例を挙げると、流体コンプライアンス $C_i$ が $5 \times 10^{-11} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、剛性コンプライアンス $C_v$ が $5 \times 10^{-11} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、ノズル開口102のイナータンス $M_n$ が $1 \times 10^{-8} \text{ kg m}^{-4}$ 、インク供給口105のイナータンス $M_s$ が $1 \times 10^{-8} \text{ kg m}^{-4}$ のときのヘルムホルツ共振周波数 $f$ は225 kHzであり、 $T_c$ は4.4  $\mu\text{s}$ となる。

【0019】図3は、本発明の一実施例であり電氣的駆動パルスの波形304を示すものであって、図中符号301が第1信号、302が第2信号、303が第3信号を示している。いま、第1信号301が圧電素子108に印加されると圧電素子108は弾性板107と直角な方向に収縮する。その結果、圧電素子108は弾性板107を引き上げ圧力発生室103の容積を実質的に膨張させる。圧力発生室103の容積が膨張させられると、圧力発生室103内に負圧が生じる。その結果、メニスカスをノズル開口102の出口から遠ざけようとしてメニスカスをノズル開口102内に引き込む。同時に共通のインク室104のインクがインク供給口105を通して圧力発生室103に引き込まれる。

【0020】第2信号302を印加している間、共通のインク室104からのインク吸引は継続されているためノズル開口102の内側に引き込まれたメニスカスは周期 $T_c$ の蓄起された振動と共にノズル開口102の出口に向かって徐々に復帰していく。

【0021】第3信号303を印加すると圧電素子108は第1信号301の時と反対に蓄えていた電荷を放電しながら振動板107と直角方向に伸長するため、圧力発生室103の容積は実質的に収縮する。この収縮は圧力発生室103内に正圧を生じ、ノズル開口102からインク滴を吐出させる。また、同時に圧力発生室103内のインクをインク供給口105を通して共通のインク室104に逆流させるが、一連の動作の中で共通のインク室104から圧力発生室103に引き込まれるインク量よりは少ない。

【0022】インク滴が吐出された後のメニスカスは一旦ノズル開口102内に引き込まれた状態となるが、共通のインク室104のインクが圧力発生室103に引き込まれるためノズル開口102の出口に向かって復帰していく。

【0023】次に、このような構造と動作を特徴とする

インクジェット式記録装置の代表実験データをもとに説明する。

【0024】図4は、従来の技術により上述したインクジェット式記録装置を駆動し、第2信号302のパルス幅を変数にメニスカスの変位を測定した一実施例である。メニスカスの変位は、第3信号303を立てて強制的にインク滴を吐出させ、吐出したインク量を測定することで近似的に得られる。前述の測定でインク量が少ないとき、メニスカスがノズル開口102の内側に大きく引き込まれた状態と判断する。

【0025】図4のノズル開口面401より下がノズル開口102の内側を表し、図中符合402がメニスカス変位を表している。第1信号301をTcより短い時間で駆動した場合にはTcは発振された状態となりメニスカス面に周期Tcの振動を生じさせる。このTc振動は、周期Tmのメニスカス固有振動403に乗ったかたちで振動している。そのため、Tm振動がノズル開口102に近づいた図中符号404、404、404、…のTc振動ピークで、ノズル開口面401から大きく盛り上がったメニスカスが分離し、非常にスピードの遅い孫サテライトとして吐出する。この孫サテライトはスピードが遅い上に狙った吐出タイミングに対し遅れて吐出することから印字品質を大きく低下するため吐出しないことが望まれる。

【0026】図4において第2信号302をTcの1/2より長く保持してもメニスカスのTc振動は減衰していない。つまり従来の技術において第2信号302をTcの1/2より長くする方法では孫サテライトの吐出は防げない。

【0027】本発明者は、この孫サテライトの吐出を防ぐ方法として、第2信号302をTcの1/2より短く駆動することが効果的であることを発見した。

【0028】図5は、従来の方法で吐出させたインク滴の吐出スピードを第2信号302のパルス時間を変数に測定したグラフ501の一実施例を示すものであって、縦軸上方ほどインクスピードが速くなるように表示してある。また、第3信号303はTcと実質的に同一とした。第2信号302がTcの1/2以下の範囲ではインクスピード502は信号の長さ按比例して減少し、第2信号302がTcの1/2より長くなるとインクスピード503は所望のインクスピード504で一定となる。

【0029】図5に示すように、第2信号302がTcの1/2以下の範囲ではインクスピードが所望のインクスピード504より速くなっている。本発明者はこのインクスピードが遅い分のマージンを圧電素子108に印加する電圧を低下させることに使用した。

【0030】図6は、圧電素子108に印加する電圧を低く設定し、インク滴の吐出スピードを第2信号302のパルス時間を変数に測定した一実施例を示したものである。図中符合601は電圧を低くした時のインクスピ

ードのグラフ、グラフ501は図5のインクスピードを比較のために表示してある。

【0031】圧電素子108に印加する電圧を下げて第2信号302をTcの1/2以下のパルス幅602にすることで所望のインクスピード504が達成できている。さらに、圧電素子108に印加する電圧を低くできたことでメニスカスの残留振動を必要最小限に抑えることができ孫サテライトの吐出防止に効果的に働く。

【0032】図6に示すように第2信号302がTcの1/2より長い範囲においてインク滴は吐出しない。本発明の吐出方法は、第1信号301によりメニスカスを急速に引き込むことでメニスカス表面に突起した波動を生じさせるものの、第1信号301の引きのみでインク滴を吐出するまでには至っていない。つまり、圧力発生室103の急速な膨張のみによってインク滴を吐出する従来の方法に対し、第3信号303による圧力発生室103の収縮も含めた一連の作用でインク滴を吐出しているという点が特徴である。

【0033】図7は本発明によるインク飛翔形態と従来の方法によるインク飛翔形態の特徴を図示したものである。図中符合701は微小インク滴、702は微小インク滴701がメニスカスから分離する際に吐出するサテライトである。本発明の吐出方法によるインク飛翔形態はサテライト702の尾引きが短い。故に、印刷対象物に着弾したインク滴の形状が円形に近くなり印字品質が向上する効果も兼ね備えている。これは、圧力発生室103を収縮しインク滴に押し出す方向の力を加えることでサテライト702も加速されスピードが上がるためである。

【0034】また、本発明によるインク滴吐出方法は吐出後のメニスカス残留振動が小さいためメニスカスの減衰が短時間で済む。これにより、次のインク滴を吐出する時点でのメニスカスを常に一定の状態に保つことができる。その結果、図7のインク飛翔形態703のような、メニスカスのばらつきによるインク飛翔方向の曲がりを防ぐことができる。

【0035】上述のようなインク滴の吐出を成し得るためには、応答性の非常に高いアクチュエータと急速な圧力変化に耐え得るスペーサが必要となる。本発明において用いた圧電素子108による縦振動モードのアクチュエータ及び撓み振動によるアクチュエータは駆動信号に対して非常に正確な変位を、非常に短い時間で発生できる点が効果的である。また、単結晶シリコンのスペーサ106は剛性コンプライアンスCvが低減できる。これは、ヘルムホルツ共振周波数を高くすることができ、インク滴吐出の高応答化に効果的である。特に本実施例では、30kHz以上の高い駆動周波数でインク滴の連続吐出を実現している。

【0036】さらに、上述のようなインク滴の吐出を成し得るための電氣的駆動パルスは図3の波形304のよ

うになる。第1信号301がTcよりも短いことで圧電素子108の非常に急速な収縮を生じさせる。その結果、圧力発生室103を膨張させメニスカスをノズル開口102から急速に引き込む。その後、第2信号302をTcの1/2以下に保持し、第3信号303を印加することで上述のようなインク滴の吐出を保証する。

【0037】代表的な例として、第1信号301はTcの0%~50%、第2信号302はTcの0%~50%、望ましくは1μs~2μs、第3信号303はTcより長く、望ましくは実質的にTcと同一にする。第3信号303をTcと実質的に同一とすることで、さらにメニスカスを発振させることがなくなり孫サテライトの吐出防止に効果的に働く。

【0038】ここで挙げた実施例は、本発明の実施形態を説明するために、Tcが6μs、ノズル開口102の直径がφ26μmのインクジェット式記録ヘッドで実験を行った代表的な例であって、これに限定されるものではない。また本発明者は、Tcが4μs~20μs、ノズル開口102の直径がφ20μm~φ40μmのインクジェット式記録ヘッドでも実験を行い同様の結果を得ている。

【0039】さらに本発明の吐出方法は、これを単独で用いることもできるが、インクジェット式記録装置の他のいくつかの駆動方法と組み合わせて用いることも可能である。その方が高速で印字品質の高いインクジェット式記録装置を得るためには望ましいと思われる。

【0040】

【発明の効果】以上、説明したように本発明においては、圧力発生室を膨張させる第1信号を前記周期Tcより短く、圧力発生室の膨張状態を維持する第2信号をTcの1/2以下にし、第3信号により押しの力をインク

滴に加えている。そのため圧電素子に印加する駆動電圧が低く設定でき、メニスカスの振動を必要最小限に抑えたと共にメニスカス振動の減衰時間が短くできる。その結果、孫サテライトの吐出やインク滴の飛翔曲がり防止し、サテライトの尾引きを低減した小さいインク滴を高い駆動周波数で安定して吐出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェット式記録装置に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示す断面図である。

【図2】本発明のインクジェット式記録装置に使用するインクジェット式記録ヘッドの一実施例を示す組立図である。

【図3】本発明の電氣的駆動パルス波形の一実施例を示す図である。

【図4】メニスカスの挙動の一実施例を示す図である。

【図5】従来の方法による微小インク滴の吐出スピードの一実施例を示す図である。

【図6】本発明によるインク滴の吐出スピードと従来の方法によるインク滴の吐出スピードの関係の一実施例を示す図である。

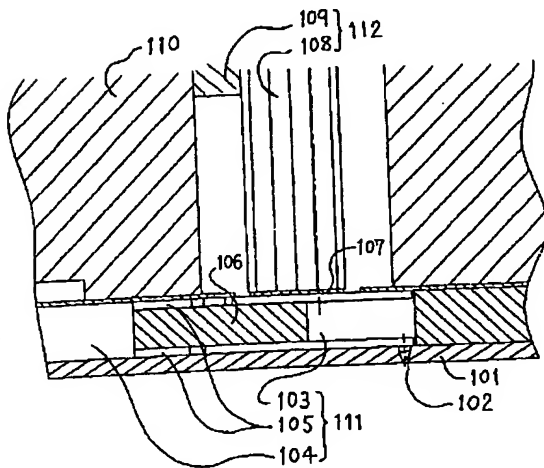
【図7】本発明によるインク滴の飛翔形態と従来の方法によるインク滴の飛翔形態を示す図である。

【図8】特公平4-36071号に使用されている電氣的駆動パルス波形の一実施例を示す図である。

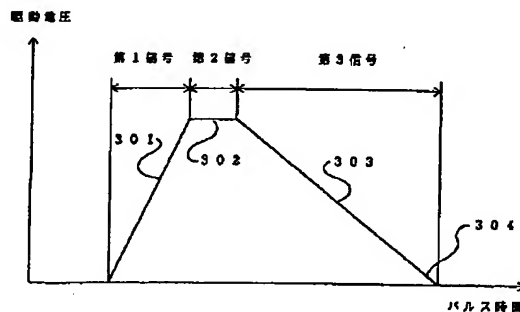
【符合の説明】

- 101 ノズルプレート
- 102 ノズル開口
- 103 圧力発生室
- 107 弾性板
- 108 圧電素子

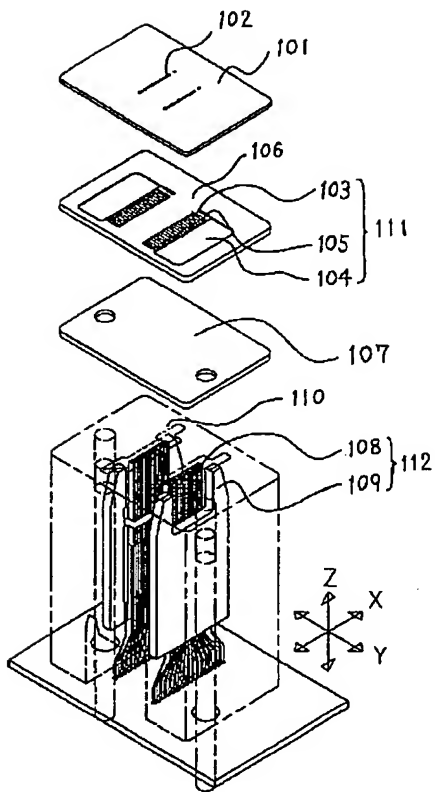
【図1】



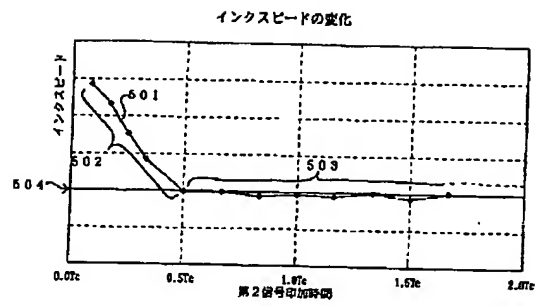
【図3】



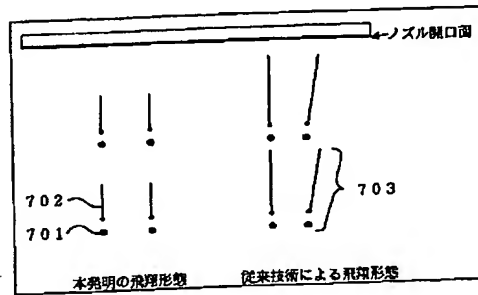
【図2】



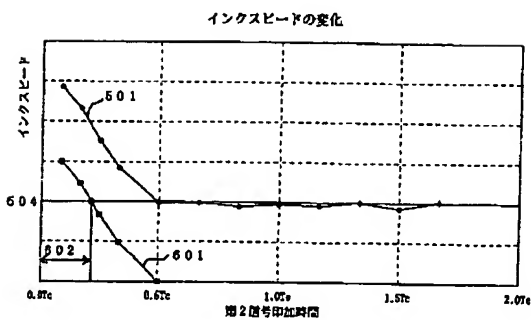
【図5】



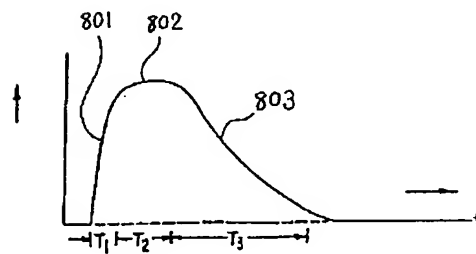
【図7】



【図6】



【図8】



【図4】

メニスカス変位

